心理学报 2022, Vol. 54, No. 7, 736−747
Acta Psychologica Sinica

https://doi.org/10.3724/SP.J.1041.2022.00736

视觉搜索中风味引发对关联颜色的注意偏向*

彭宇彬 宛小昂

(清华大学心理学系, 北京 100084)

摘 要 人们常将特定的颜色与风味联系起来形成色味联结, 而且颜色线索会影响风味感知, 这体现了视觉信息对味觉信息加工的跨通道影响。本研究通过两个行为实验, 考察了味觉信息是否也会影响视觉搜索。实验任务要求被试品尝饮品后对形状靶子进行视觉搜索, 并且操纵了味觉刺激的提示性以及靶子颜色与风味之间的关联性。实验 1 的结果表明, 当风味线索提示的靶子颜色是与风味关联的颜色时可以加快视觉搜索。但如果与该风味关联的颜色出现在干扰项上, 风味线索则无法促进视觉搜索。其后, 我们在实验 2 中排除了语义启动的混淆, 也发现了与实验 1 一致的结果。本研究的结果表明, 风味线索会引发对关联颜色的注意偏向, 证实了味觉刺激对视觉注意的跨通道影响, 为色味交互提供了新的实验证据, 揭示了跨通道影响可能的发生机制。

关键词 色味联结, 跨通道影响, 风味, 注意偏向

分类号 B842

1 引言

我们生活在多感官世界之中, 不仅常将来自多个感官的信息进行整合, 还倾向于将不同感觉通道的特征或刺激联系起来形成跨通道联结(crossmodal correspondences; Spence, 2011)。例如, 人们往往将特定的颜色和风味(flavor)联系起来形成色味联结(Delwiche, 2004)。个体不仅可以把食物或饮品的颜色和其风味联系起来(Delwiche, 2012), 还可以在反复接触具有特定设计的饮食产品包装后将包装颜色与风味标签联系起来形成包装色味联结(Velasco et al., 2014)。基于这些色味联结, 个体可以在看到食物或饮品的颜色之后对其风味产生预期(Shankar et al., 2009), 这一现象体现了颜色对风味感知的跨通道影响(crossmodal influence)。

跨通道影响指一个感觉通道的信息影响着人们对另一感觉通道的信息加工。跨通道联结的存在并不代表着一定会发生跨通道影响, 而且二者之间至少存在两个明显的差别(Spence, 2019)。一方面, 跨通道联结是一种“相对”的过程, 依赖于两个感觉通道的信息的相对属性(Brunetti et al., 2018)。例如, 在有关视听联结的研究中, 被试会认为两个声音中音高相对更低的一个与两个物体中形状更大的一个更匹配, 这体现出听觉特征与视觉特征之间的跨通道联结(Parise & Spence, 2013)。物体的形状大小和声音的音高高低是由两个刺激相较而言的, 在特定音高和物体大小之间并不存在一一对应的关系。而跨通道影响是一种比较“绝对”的过程, 依赖于感官信息的绝对属性。例如, 在视觉对味觉的跨通道影响研究中, 被试对于味觉刺激的判断会受到某些特定颜色的影响而不受其他颜色的影响(Shermer & Levitan, 2014), 与两个颜色或两个味道之间的比较无关。另一方面, 跨通道联结是双向的, 来自不同感官通道的刺激甲和刺激乙之间的联结强度, 与刺激乙和刺激甲之间的联结强度是大致相当的(Deroy & Spence, 2013; Parise, 2016)。而跨通道影响则往往是单向的、不对称的, 即一个感官通道的信息能对另一感官通道的信息加工产生影响, 但后者并不一定会对前者的信息加工产生影响或影响较为微弱(Spence, 2019)。

收稿日期: 2021-07-01

* 国家自然科学基金资助项目(71872097)。
通信作者: 宛小昂, E-mail: wanxa@tsinghua.edu.cn

大量研究已经表明视觉通道的信息可以影响人们对风味的预期、知觉与判断(Spence, 2011)。尽管人们常常依赖颜色线索来识别食物和饮料的风味(Zampini et al., 2007), 但当饮料的颜色与风味不符合个体本身固有的色味联结时, 个体就很难正确地识别出饮料的风味(DuBose et al., 1980)。但是, 少有研究考察风味对颜色信息加工的调控, 而且已有的研究表明风味对颜色信息加工的调控作用是微弱甚至不显著的(Qi et al., 2020)。例如, 品尝饮料时, 颜色线索可以改变个体对风味的知觉, 但风味线索却没有显著地影响个体对颜色的知觉(Stäger et al., 2021)。一方面, 视觉信息具有主导性(Posner et al., 1976), 这使得颜色能轻而易举地影响人们对风味信息的加工, 但是风味要影响颜色的信息加工却不容易。另一方面, 对风味的呈现和操纵不如呈现颜色那样易于实现(Saluja & Stevenson, 2018), 这使得探索味觉信息对视觉信息加工的影响的难度较高。

在日常生活中, 人们往往是先看到食物或饮品再进行品尝, 而且在众多的视觉线索中会首先注意到其颜色, 因此人们往往会先获得食物或饮品的颜色信息, 再通过味觉体验获得风味信息(Wadhera & Capaldi-Phillips, 2014)。但是, 对于有包装的食品或饮料而言, 其外包装上往往印有风味标签, 因此个体也有可能通过风味标签在实际体验饮食之前就获得风味信息。近年来, 一系列的视觉搜索研究考察了风味标签对颜色预期的影响。被试在搜索某个风味的薯片包装时, 会基于在生活中形成的包装色味联结(Velasco et al., 2014)对包装产生颜色预期, 并优先使用颜色进行产品的搜索(Velasco et al., 2015)。而当搜索目标的风味与颜色配对不符合被试固有的包装色味联结时, 就违背了被试的颜色预期, 此时被试无法通过颜色搜索来找到它, 便需要转回文字搜索, 从而产生了更慢的视觉搜索反应(Huang et al., 2019, 2021)。这样的研究结果说明, 个体可以根据风味标签对视觉搜索的目标产生颜色预期。但是, 风味标签是通过视觉呈现的, 并非真正的味觉刺激, 因此实际的味觉信息会对个体的视觉搜索产生怎样的跨通道影响还不得而知。

当然, 已有不少研究探讨了其他感觉通道的信息对视觉搜索的影响。当听觉或触觉信息与视觉信息在空间或时间上同步呈现时, 听觉或触觉信息就会影响视觉搜索(Iordanescu et al., 2008; Ngo & Spence, 2010; van der Burg et al., 2010)。一方面, 当听觉信息与视觉信息在语义上有所关联时, 听觉信息的呈现会促进视觉搜索(Knoeferle et al., 2016)。另一方面, 听觉或触觉刺激的呈现还可以通过跨通道联结促进个体对关联的视觉刺激的搜索(Klapetek et al., 2012; Orchard-Mills et al., 2013)。但是, 这些研究中对于其他感觉通道的信息影响视觉搜索的内在机制存在争议。例如, van der Burg 等(2008)提出, 听觉信息对视觉搜索的促进作用是由于自下而上的引导, 因此个体是将时间上同步呈现的听觉线索与视觉搜索中的靶子整合在一起, 增加靶子的显著性以便其从干扰项中“跳出”。但是 Orchard-Mills 等(2013)则认为他们所发现的触觉信息对视觉搜索的影响是源于自上而下的引导。这是因为在他们的研究中, 当触觉信息对视觉搜索的靶子具有预测性(即触觉相关的视觉线索一定出现在靶子上)的时候, 在视觉搜索任务之前出现的触觉线索就会促进个体对与这种触觉线索关联的视觉特征的搜索。但是, 当触觉信息对视觉搜索的靶子不具有预测性, 被试就不会主动地利用这种触觉线索, 其跨通道的促进作用也会消失。无论其内在机制如何, 这些研究结果都表明, 其他感觉通道的信息能引发对与其关联的视觉信息的注意偏向(attentional bias), 即个体对某些刺激选择性的注意(Weierich et al., 2008)。因此, 我们推测, 被试本身具有的色味联结也可能使风味线索引发对与其关联颜色(associated color)的注意偏向。我们在本研究中通过两个视觉搜索实验对此进行了检验。本研究考察风味信息对视觉搜索的影响, 并着重揭示风味线索所引发的视觉注意偏向, 不仅为色味交互(color-flavor interactions)提供了实验证据, 揭示了视觉和味觉相互融合和影响的内在机制, 也对人们理解其他类型的跨通道影响具有一定的启发意义。

我们通过两个实验来探究真实的风味是否可以影响其后的视觉搜索。实验任务要求被试先品尝饮料再对具有特定形状的靶子进行视觉搜索, 而饮料的风味会提示被试靶子的颜色是什么。在实验 1 中, 我们告知被试喝到的是什么风味的饮料以及每种风味与其后的视觉搜索中靶子颜色之间的关联。在实验 2 中, 我们没有告诉被试喝到的饮料具体是什么风味而只用字母代替, 即告诉被试饮料 A 或 B 与其后的视觉搜索中靶子颜色之间的关联, 以排除语义启动的混淆。其中, 风味的呈现由计算机程序控制的蠕动泵向被试口中输送饮品来实现(Peng et al., 2022; Wilton et al., 2019)。对于视觉搜索, 我们

采用Moriya (2018)建立的视觉搜索范式，任务是在两个具有不同颜色的视觉刺激中找到具有特定形状特征的靶子，并对形状特征做出行为反应。我们通过操纵靶子和干扰项的颜色与风味的关联性，以考察真实的风味线索对随后视觉搜索任务的影响。尽管视觉搜索的任务是寻找具有某种形状特定的靶子，但是预知靶子的颜色可以通过提供冗余增益(redundancy gain)而加快视觉搜索(Grubert et al., 2011)。考虑到人们可以基于风味标签形成颜色预期并引导其后对风味标签的视觉搜索(Huang et al., 2019, 2021)，我们提出研究假设(H1)：个体可以通过有提示性的味觉刺激而对靶子颜色产生预期并促进对形状靶子的视觉搜索，表现为其搜索速度在风味线索提示靶子颜色时比不提示时更快。

值得注意的是，风味线索也有可能引发被试对特定颜色的注意偏向，即品尝到特定风味后更加倾向于注意与之有色味联结的颜色。为了将风味线索引发的颜色注意偏向与颜色预期对视觉搜索的促进作用分开，我们将被试随机分为两组，在实验前告诉一组被试风味预示着其后靶子的颜色，而该颜色恰好是与该风味具有色味联结的颜色(即为风味关联颜色)。同时，我们告诉另一组被试风味也预示着其后靶子的颜色，而该颜色与该风味之间不具有色味联结(即为风味不关联颜色)。在后一种实验条件下，如果风味关联颜色出现在干扰项上，那么风味线索会引发个体对干扰项颜色的注意偏向，而这种对干扰项颜色的注意偏向会使人们对形状靶子的搜索变慢(Munneke et al., 2020)。换言之，风味线索引发的颜色注意偏向与预知靶子颜色的作用相反，即会削弱预知靶子颜色对视觉搜索的促进作用。因此，我们提出研究假设(H2)：当风味关联颜色作为干扰项出现于画面中时，风味线索会引发个体对干扰项颜色的注意偏向，并因此削弱靶子颜色预期对视觉搜索的促进作用。

2 实验 1：真实风味信息影响视觉搜索

2.1 方法

2.1.1 被试

实验前，我们采用 G*Power 软件(Faul et al., 2007, 2009)对本实验的样本量进行了估算。根据我们的实验设计，在中等效应量(0.25)下，I 类错误的概率 α 水平为 0.05，检验效力为 0.80 时，所需的样本量最少为 34 人。综合考虑实验中可能出现的问题(如被试中途退出实验、无效数据、或实验仪器故障)，我们一共招募了 46 名被试参与本实验。其中 2 名被试在视觉搜索任务中的反应准确率处于小组平均值 3 个标准差以外，数据没有被纳入分析。因此，纳入分析的有效数据来自 44 名被试，平均 21.05 ± 1.89 岁，其中包括 22 名女性。我们再次使用 G*Power 软件估计了该样本的统计效力。在 α 水平为 0.05，检验效力为 0.80 时，44 名有效被试的样本量可在效应量 ≥ 0.22 的条件下探测到实验效应。

本研究所有被试均来自清华大学心理学系的被试库，每位被试只参加本研究中的一个实验。本研究得到了清华大学医学影像中心伦理道德委员会的批准，并在开始前在开放科学平台(Open Science Framework)的网站 https://osf.io 上进行了预注册。每名被试在参加实验前都签署了知情同意书，在完成实验后按照每分钟 1 元的标准获得了报酬。所有被试均为右利手，视力或矫正视力正常，无色盲或色弱，味觉等其他感官的功能均正常。

2.1.2 仪器和材料

本实验使用草莓味和菠萝味的饮料来呈现风味刺激，并将无味的纯净水作为对照。这两种水果风味的饮品是将盾皇牌(上海盾皇食品有限公司，中国上海，http://www.doking365.com)的浓缩果汁与纯净水以 1 : 6 的比例混合而成。在进行实验前，我们在预实验中请另外 12 位被试闭着眼睛品尝了这两种饮料，发现他们均可以在没有视觉线索的情况下正确地说出每种饮料的风味是什么，而且均表示自己对两种风味都比较熟悉。对于饮品刺激的呈现，我们采用 Kamoer 牌的 FX-STP 蠕动泵。该蠕动泵可由计算机程序控制泵出液体，而且可由用户设置每次泵出的液体的体积。我们设置蠕动泵以 90 ml/min 的速率向被试口中泵入饮品。如图 1 所示，

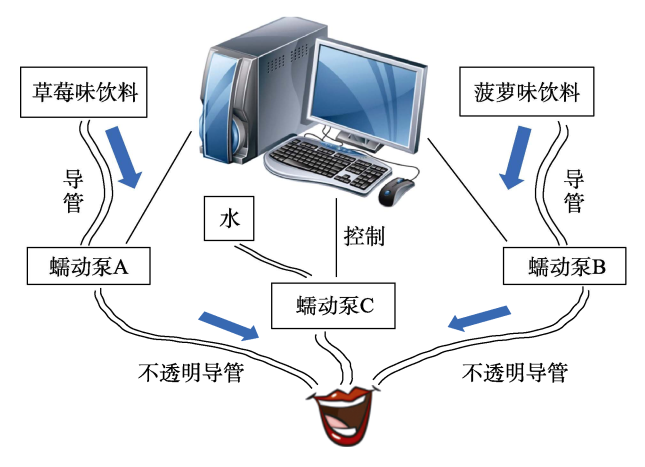


图 1 实验 1 中味觉刺激呈现设备示意图

我们将 3 个蠕动泵分别接入草莓味饮料、菠萝味饮料以及纯净水，并将蠕动泵及饮品放置在被试进行实验的隔壁房间，然后通过导管将饮品输入被试口中。为了防止被试在实验中看到液体颜色，我们用不透明胶带将与蠕动泵相连的导管包裹起来，并将每根导管临近被试口腔的一端分别与一段不透明塑料吸管相接。被试只会与这些塑料吸管有直接接触，且每次实验前都会更换吸管。

视觉搜索任务则在计算机上进行。我们使用 Matlab 2014b 软件的 PTB3 工具箱(Kleiner et al., 2007)编写程序和记录数据。视觉刺激呈现在 17 英寸显示器上，屏幕分辨率为 1024×768，刷新频率为 85 Hz。我们采用的视觉搜索任务与 Moriya (2018)的实验四的视觉搜索任务类似。如图 2 所示，会在视觉搜索画面的中央呈现十字注视点(1.3° × 1.3°)。在离注视点左右 5.5°的位置，分别呈现一个有缺口的正方形边框(1.1° × 1.1°)。缺口可能是在边框的上方或下方(0.28°水平 × 0.12°竖直)，也可能在其左方或右方(0.12°水平 × 0.28°竖直)。每个画面中包括一个靶子和一个干扰项，缺口在上或在下的刺激是靶子，而干扰项的缺口在左侧或在右侧。每个画面中靶子和干扰项的颜色总是不同的。靶子的颜色可能是红色(RGB: 255, 0, 0)或黄色(RGB: 255, 255, 0)。根据 Wan 等(2014)的色味联结研究，本实验采用的草莓味与菠萝味分别与红色和黄色关联。而干扰项的颜色可能是红色、黄色、绿色(RGB: 0, 255, 0)或橙色(RGB: 255, 165, 0)这 4 种常见的饮料颜色。

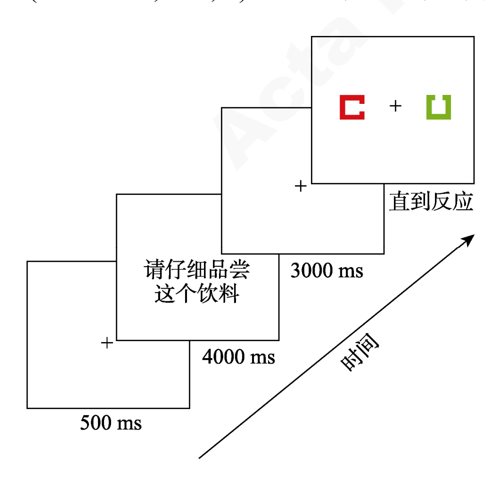


图 2　实验 1 中单个试次的刺激呈现流程

2.1.3　实验设计与流程

本实验中，我们采用 2 (味觉刺激提示性：提示或不提示靶子颜色)× 2 (靶子颜色与风味关联性：关联或不关联)的混合设计，其中味觉刺激提示性为组内变量，而靶子颜色与风味关联性为组间变量。因变量为搜索形状靶子的反应时和准确率。我们在实验前告诉所有被试，他们将在实验中品尝到水果风味(草莓味和菠萝味)的饮料或无味的纯净水。对于所有被试而言，水果风味的味觉刺激对其后视觉搜索中的靶子颜色有提示性，而“无味”的味觉刺激对靶子颜色没有提示性。我们将被试随机分为两组。在实验前，一组被试被告知如果品尝到草莓味意味着接下来的视觉搜索中将出现红色的靶子，品尝到菠萝味意味着接下来的靶子为黄色，即风味线索所提示的靶子颜色与该风味是关联的。另一组被试则被告知饮料是草莓味意味着靶子为黄色，而菠萝味意味着靶子为红色，即风味线索所提示的靶子颜色与该风味是不关联的。一半的试次中的味觉刺激(风味饮品)提示靶子颜色，另一半试次中的味觉刺激(无味饮品)不提示靶子颜色，因此草莓味、菠萝味、无味的试次各占 25%、25%、50%。每位被试共完成 96 个试次，其中每个试次向被试口中输送 2 ml 的饮品。因此，整个实验中，被试将共摄入 192 ml 的饮品。

本实验采用组块设计(block design)，包含 16 个小组块，而在每 4 个组块之间被试可以决定是否休息。每个组块包括 6 个试次，这 6 个试次中的味觉刺激是一样的。在每个水果风味饮品的组块之后，都会跟随一个纯净水的组块，以达到清洁口腔的目的，然后才能转换为另一种水果风味饮品的组块。一半被试的实验是从草莓风味饮品开始的，另一半被试的实验从菠萝风味饮品开始。每位被试完成的 96 个试次中，红色和黄色作为靶子出现的概率各占 50%，红色、黄色、绿色、橙色作为干扰项颜色各出现 1/6、1/6、1/3、1/3，而且每个试次中靶子和干扰项的颜色总是不同的。靶子的左右位置是平衡的。

如图 2 所示，在每个试次中，首先会向被试呈现 500 ms 的注视点，然后在屏幕中央呈现 4000 ms 的指导语：“请仔细品尝这个饮品的味道”。在此期间，我们使用蠕动泵向被试嘴里随机输入 2 ml 的饮品(1500 ms)。然后，屏幕上呈现 3000 ms 的注视点画面，再呈现视觉搜索画面，直至被试做出行为反应。如前所述，视觉搜索任务是找到缺口在上或在下的靶子，并对其缺口是在上还是在下进行反应。具体而言，被试需要分别用左食指、右食指按键盘上的 Z 键、M 键来表示靶子的缺口是朝上还是朝下。其中，用 Z 键表示缺口在上还是在下在被试

间进行了平衡。正式实验时间约为 30 分钟。在正式实验前, 所有被试还会完成 6 个试次的练习以便理解任务和熟悉两种风味。在实验的正式阶段, 不对被试提供反应是否正确的反馈。

2.2　结果

被试在本实验中的总体准确率较高, 达到 97.4%。我们没有将超过小组平均值 3 个标准差之外或短于 150 ms 的反应时的试次数据纳入分析, 因此剔除了 0.4%的试次数据。我们根据正确的反应计算了平均反应时和准确率, 如图 3 所示。我们对这些数据进行了 2 (味觉刺激提示性: 提示或不提示靶子颜色) × 2 (靶子颜色与风味线索关联性: 关联或不关联)的混合方差分析, 其中味觉刺激提示性为组内变量, 而靶子颜色与风味线索关联性为组间变量。结果表明, 味觉刺激提示性的主效应在反应时上显著, 被试在味觉刺激提示靶子颜色时的视觉搜索显著快于不提示时(993 ms vs. 1079 ms), $F(1, 42) = 30.56$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.42$, 95% CI = [–117.62, –54.74]。此外, 我们也在反应时上发现了显著的交互作用, $F(1, 42) = 4.79$, $p = 0.034$, $\eta_p^2 = 0.11$。其他主效应或交互作用在反应时或准确率数据上均不显著, $Fs < 2.82$, $ps > 0.10$。

为了解释反应时上的交互作用, 我们进行了简单效应分析。当靶子颜色与风味线索关联时, 味觉刺激提示性的主效应在反应时上显著, 视觉搜索在味觉刺激提示靶子颜色时显著快于不提示时(939 ms vs. 1059 ms), $F(1, 21) = 30.71$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.59$, 95% CI = [–165.39, –75.13]。当靶子颜色与风味不关联时, 味觉刺激提示性的主效应在反应时上也显著, 视觉搜索在味觉刺激提示靶子颜色时显著快于不提示时(1047 ms vs. 1100 ms), $F(1, 21) = 5.43$, $p = 0.03$, $\eta_p^2 = 0.21$, 95% CI = [–98.59, –5.60]。因此, 无论靶子颜色与风味线索关联或不关联, 味觉刺激对于靶子颜色的提示性都能促进被试对形状靶子的搜索。我们通过用味觉刺激不提示靶子颜色试次的反应时减去提示试次的反应时来计算这种颜色促进效应的大小。靶子颜色与风味不关联时的颜色促进效应显著地小于关联时的颜色促进效应(52 ms vs. 120 ms), $t(42) = 2.19$, $p = 0.034$, Cohen's $d = 0.66$, 95% CI = [–131.04, –5.28]。

当靶子颜色与风味线索不关联时, 与该风味关联的颜色可能出现在干扰项上, 也可能没有在画面中出现(即没有出现在干扰项上)。因此, 我们将这两类试次分开计算其中视觉搜索的平均反应时和准确率, 如图 4 所示。单因素重复测量方差分析的结果表明, 试次类型的主效应在反应时上显著, $F(2, 42) = 10.84$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.34$; 在准确率上不显著, $F(2, 42) = 0.04$, $p = 0.96$。经 Bonferroni 校正后的成对比较表明, 当味觉刺激提示了靶子颜色时, 尽管该颜色不是风味关联颜色, 那么只要这种风味关联颜色也没有出现在干扰项上, 那么被试对靶子的搜索速度仍然显著快于味觉刺激不提示靶子颜色时(1008 ms vs. 1097 ms), $t(21) = 4.39$, $p < 0.001$, Cohen's $d = 0.94$, 95% CI = [–131.75, –47.12]。但是, 如果风味关联颜色出现在干扰项上, 那么被试的搜索速度与味觉刺激不提示靶子颜色时就没有显著差异(1122 ms vs. 1097 ms), $t(21) = 0.79$, $p = 0.44$。尽管味觉刺激对靶子颜色做出了提示, 被试的视觉搜索在该关联颜色出现在干扰项时显著慢于该颜色不出现时(1122 ms vs. 1008 ms), $t(21) = 4.69$, $p < 0.001$, Cohen's $d = 1.37$, 95% CI = [63.61, 164.81]。

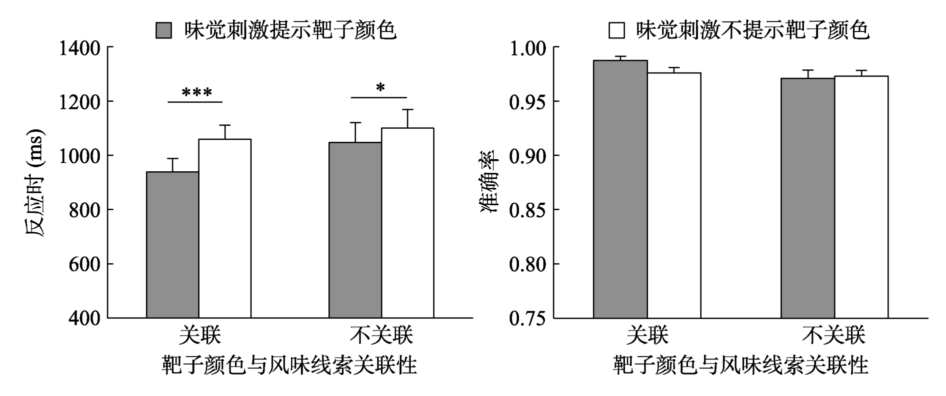


图 3　实验 1 中味觉刺激提示或不提示靶子颜色时视觉搜索的反应时和准确率

注: 误差线均表示标准误, *代表 $p < 0.05$, **代表 $p < 0.01$, ***代表 $p < 0.001$。下同

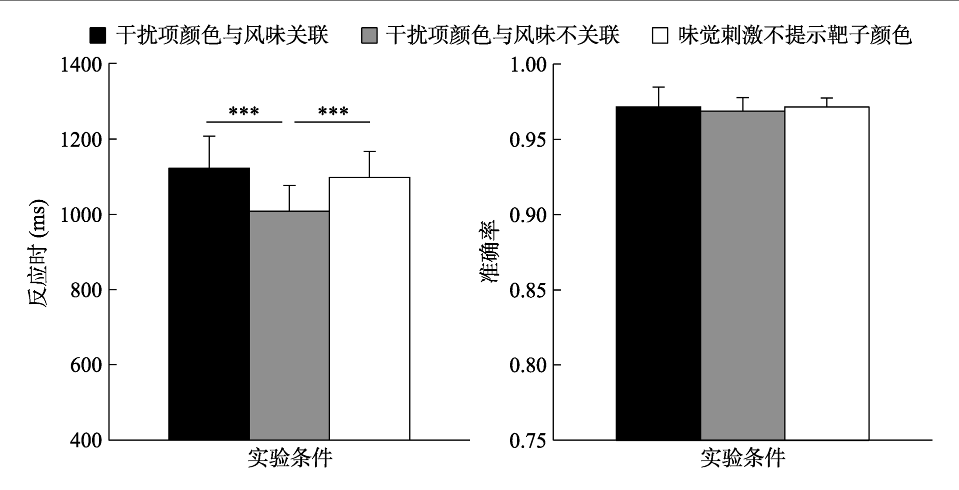


图 4　实验 1 中靶子颜色与风味线索不关联时干扰项颜色对视觉搜索的影响

2.3　讨论

本实验得出了两个主要发现。首先, 被试对形状靶子的视觉搜索在味觉刺激提示靶子颜色时比不提示时更快, 而且这种味觉刺激对视觉搜索的促进作用在所提示的靶子颜色与风味关联或不关联时均显著。这样的结果表明, 被试可以通过有提示性的味觉刺激对靶子颜色产生预期, 并加快对形状靶子的视觉搜索, 这与我们的研究假设(H1)是一致的。这样的结果与 Huang 等(2019)的研究中通过文字标签呈现的风味信息对随后视觉搜索的促进作用也是一致的。但是, 由于本实验中的风味信息是通过味觉刺激呈现的, 这样的结果说明个体可以根据真实体验到的风味信息而对视觉搜索中靶子的颜色产生预期。这种颜色预期能加速基于形状的视觉搜索, 可能是因为对于靶子颜色的知识提供了冗余增益(Grubert et al., 2011)。

基于颜色的促进效应在靶子颜色与风味线索不关联时比关联时更小, 这是因为当靶子颜色与风味线索不关联时, 这种风味关联颜色在一部分试次中出现在干扰项上, 抵消了预知靶子颜色对视觉搜索的促进作用。这样的结果与我们的研究假设(H2)基本一致。我们也发现, 只要干扰项的颜色不是风味关联颜色, 被试就能根据通过指导语学习到的风味–颜色配对关系来加速搜索, 即使这种配对关系与被试本身具有的色味联结不一致。这样的结果说明, 风味线索会引发对关联颜色的注意偏向。总之, 本实验的结果说明, 真实的风味可能会引发个体对关联颜色的视觉注意偏向。但值得注意的是, 我们在实验开始前告知了被试将品尝到草莓味和菠萝味的饮料, 因此被试在接受这一指导语时接触了这两个风味标签。尽管在实验中我们并没有告诉被试每个试次所体验的饮品是什么风味, 但是也难以排除指导语中风味标签的语义对实验结果的影响。因此, 我们进行了实验 2, 且不在实验 2 的任何阶段以任何形式呈现风味标签, 被试需要自己体验品尝到的饮料风味。

3　实验 2: 无语义启动时真实风味信息影响视觉搜索

为了排除风味标签的影响, 我们在本实验的任何阶段都没有告诉被试他们所品尝的饮料具体是什么风味(每种风味的名称只用字母代替), 仅仅告诉他们一种风味预示着其后视觉搜索中的靶子为红色, 而另一种风味预示着其后的靶子为黄色。因此, 被试只能依赖于所品尝到的风味线索, 来对其后视觉搜索中的靶子颜色形成预期。与实验 1 类似, 我们仍将被试随机分为两组。对于一组被试而言, 风味线索所预示的靶子的颜色恰好是与该风味关联的颜色。对于另一组被试而言, 风味线索所预示的靶子颜色恰好是与该风味不关联的某种颜色。在这样的实验条件下, 我们再次检验了如前所述的两个研究假设。

3.2　方法

由于本实验的设计与实验 1 类似, 我们根据实验 1 中的样本量估计结果, 一共招募了 37 名被试参与本实验, 他们与实验 1 的被试来自同一被试库, 但均没有参加过实验 1。其中, 3 名被试在视觉搜索任务中的反应准确率在小组平均值 3 个标准差以外, 数据没有纳入分析。因此, 纳入分析的有效数据来自 34 名被试, 平均 21.47 ± 1.75 岁, 其中包括 17 名女性。我们使用 G*Power 软件估计了该样本的统计效力。在 α 水平为 0.05, 检验效力为 0.80 时, 34 名

有效被试的样本量可在效应量 ≥ 0.25 的条件下探测到实验效应。

本实验的设计与实验 1 相同，方法也非常相似，主要差别在于指导语不同。为了控制风味标签的影响，我们并未告诉被试风味饮料的风味具体是什么，而只是告诉他们将在实验中品尝到两种风味饮品(风味 A 和风味 B)或无味的纯净水，一种风味预示视觉搜索中的靶子为红色，而另一种风味预示靶子为黄色。我们仍将被试随机分为两组。对于一组被试而言，品尝草莓味饮料后的视觉搜索画面中出现红色的靶子，品尝菠萝味饮料后呈现黄色靶子，即风味线索所提示的靶子颜色与该风味是关联的。对于另一组被试，品尝草莓味饮料后视觉搜索画面中会出现黄色的靶子，而品尝菠萝味饮料后呈现的是红色靶子，即风味线索所提示的靶子颜色与该风味是不关联的。对于是 A 饮料还是 B 饮料预示红色靶子，我们在被试之间进行了平衡。在正式实验开始前的练习试次中，我们明确告诉被试每个练习试次中他们品尝到的是 A 饮料还是 B 饮料，以便帮助他们熟悉两种饮料的风味。但是在正式试次中，我们不再告诉被试每个试次中品尝到的是 A 饮料还是 B 饮料，他们需要自己去品尝并判断。

3.2 结果与讨论

被试在本实验中的总体准确率较高，达到 96.3%。超过小组平均值 3 个标准差之外或短于 150 ms 的反应时的试次数据没有纳入分析，因此我们剔除了 0.8%的试次数据。平均反应时和准确率如图 5 所示。与实验 1 类似，我们对这些数据进行了味觉刺激提示性×靶子颜色与风味线索关联性的混合方差分析。味觉刺激提示性的主效应在反应时上显著，表明被试在味觉刺激提示靶子颜色时的视觉搜索显著快于不提示时(914 ms vs. 988 ms), $F(1, 32) = 31.59$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.50$, 95% CI = [–103.4, –46.02]。我们也在反应时上发现了显著的交互作用, $F(1, 32) = 4.79$, $p = 0.03$, $\eta_p^2 = 0.14$。其他主效应或交互作用在反应时或准确率数据上均不显著, $Fs < 0.55$, $ps > 0.46$。

为了解释反应时上的交互作用，我们再次进行了简单效应分析。当靶子颜色与风味线索关联时，味觉刺激提示性在反应时上有显著的主效应，视觉搜索在味觉刺激提示靶子颜色时显著快于不提示时(899 ms vs. 1004 ms), $F(1, 16) = 33.30$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.66$, 95% CI = [–143.37, –66.33]。当靶子颜色与风味不关联时，味觉刺激提示性的主效应在反应时上也显著，视觉搜索在味觉刺激提示靶子颜色时显著快于不提示时(928 ms vs. 973 ms), $F(1, 16) = 5.27$, $p = 0.035$, $\eta_p^2 = 0.25$, 95% CI = [–85.72, –3.43]。这样的结果说明，无论靶子颜色与风味线索关联或不关联，味觉刺激对于靶子颜色的提示性均能促进被试对形状靶子的视觉搜索。我们仍然通过用味觉刺激不提示靶子颜色试次的反应时减去提示试次的反应时来计算这种颜色促进效应的大小。靶子颜色与风味不关联时的颜色促进效应显著地小于关联时(45 ms vs. 105 ms), $t(32) = 2.27$, $p = 0.03$, Cohen's $d = 0.75$, 95% CI = [–114.43, –6.13]。

与实验 1 类似，当靶子颜色与风味线索不关联时，与该风味关联的颜色可能出现在干扰项上，也可能没有在画面中出现。因此，我们仍将这两类试次分开，计算每种条件下视觉搜索的平均反应时和准确率，结果如图 6 所示。单因素重复测量方差分析的结果表明，试次类型的主效应在反应时上显著, $F(2, 32) = 6.79$, $p = 0.003$, $\eta_p^2 = 0.29$, 但在准确率数据上不显著, $F(2, 32) = 0.16$, $p = 0.90$。经 Bonferroni 校正后的成对比较表明，当味觉刺激提示了靶子颜色时，尽管该颜色不是风味关联颜色，那么只要这种风味关联颜色也没有出现在干扰项上，那么被试

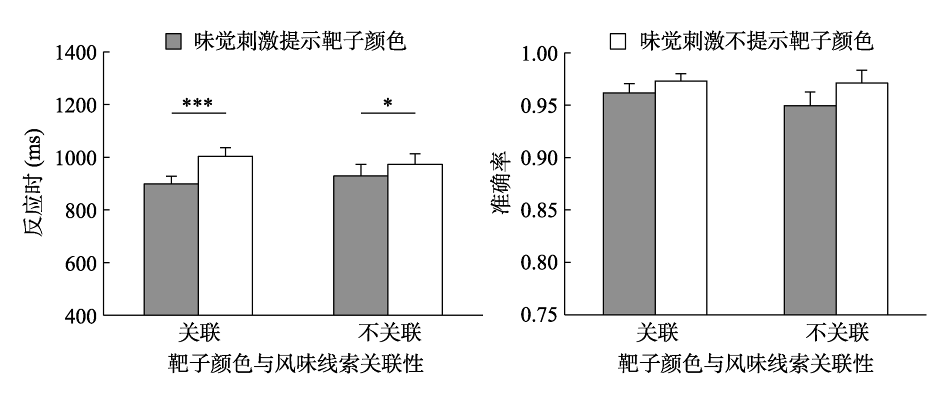


图 5 实验 2 中味觉刺激提示或不提示靶子颜色时视觉搜索的反应时和准确率

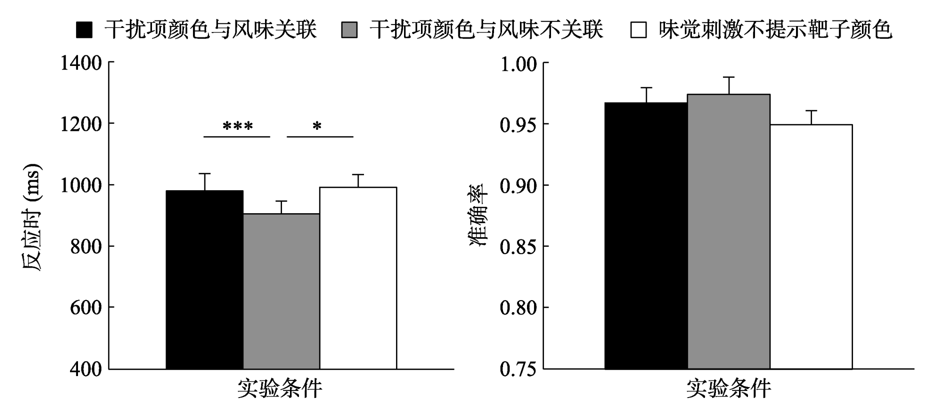


图 6　实验 2 中靶子颜色与风味线索不关联时干扰项颜色对视觉搜索的影响

对靶子的搜索速度仍然显著快于味觉刺激不提示靶子颜色时(905 ms vs. 991 ms), t(16) = 4.05, p = 0.003, Cohen's d = 0.57, 95% CI = [–143.66, –29.45]。当风味关联颜色出现在干扰项上, 那么被试的搜索速度与味觉刺激不提示靶子颜色时就没有显著差异(979 ms vs. 991 ms), t(16) = 0.43, p > 0.99。也就是说, 在这种条件下, 味觉刺激对靶子颜色做出了提示, 但是该颜色不是风味的关联颜色, 被试的视觉搜索在该关联颜色出现在干扰项时显著慢于该颜色不出现在画面中时(979 ms vs. 905 ms), t(16) = 2.78, p = 0.041, Cohen's d = 0.49, 95% CI = [2.76, 146.37]。

此外, 我们还将实验 1 和实验 2 的反应时和正确率数据进行了合并, 进行 2 (味觉刺激提示性：提示或不提示靶子颜色) × 2 (靶子颜色与风味线索关联性：关联或不关联) × 2 (是否提及风味信息：提及或不提及)的混合方差分析。其中, 味觉刺激提示性为组内变量, 靶子颜色与风味线索关联性和是否提及风味信息为组间变量。味觉刺激提示性的主效应在反应时上显著, $F(1, 72)= 57.33$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 =$ 0.44。同时, 味觉刺激提示性和靶子颜色与风味线索关联性这两个因素之间的交互作用在反应时上也显著, $F(1, 72)=9.14$, $p = 0.003$, $\eta_p^2 = 0.11$。这样的结果与我们分别分析每个实验的结果时的研究发现是一致的。其他主效应或交互作用在反应时或准确率数据上均不显著, Fs < 2.63, ps > 0.11。

总之, 本实验的结果模式与实验 1 一致。由于本实验中并未出现任何风味标签, 因此本实验中的风味信息是完全通过味觉刺激呈现的, 证实被试确实能根据通过真实体验到的风味信息而对视觉搜索中靶子的颜色产生预期, 且通过味觉提供的风味信息能引发对关联颜色的视觉注意偏向。当我们将实验 2 的数据与实验 1 合并分析时, 发现是否提及风味信息这一因素的主效应或它与其他因素的交互作用均不显著, 表明了两个实验结果的一致性。

4　总讨论

总之, 本研究主要有两个研究发现。首先, 本研究中的两个实验一致表明了个体可以利用品尝到的风味线索引导视觉搜索。本研究中, 任务要求被试先品尝饮品再对具有特定形状的靶子进行搜索, 有的味觉刺激(风味饮品)会提示靶子的颜色, 而有的味觉刺激(无味饮品)则不提示靶子的颜色。被试对形状靶子的视觉搜索在味觉刺激提示靶子颜色时比不提示时更快, 而且这种味觉刺激对视觉搜索的促进作用在所提示的靶子颜色与风味关联或不关联时均显著。这些研究结果说明, 接受关于风味线索预示靶子颜色的指导语后, 被试可以根据实际品尝到的风味对视觉搜索中靶子的颜色产生预期, 通过自上而下的方式引导视觉注意, 并通过冗余增益而加速基于形状靶子的视觉搜索(Grubert et al., 2011)。第二, 两个实验的结果一致表明, 基于颜色的促进效应在靶子颜色与风味线索不关联时比关联时更小。这是因为, 即使风味线索提示的靶子颜色与风味线索的配对不符合被试本身的色味联结, 只要风味关联颜色也没有出现在干扰项上, 那么这种对于靶子颜色的提示仍然可以使被试对形状靶子的视觉搜索比不提示靶子颜色时更快。但是, 如果与该风味关联的颜色出现在干扰项上, 那么对于靶子颜色的提示就无法促进视觉搜索。这样的结果表明, 被试在品尝到某种特定的风味后, 也会对与该风味关联的颜色产生注意偏向。这可能是因为被试品尝到某种风味后, 与该风味有着联结的颜色概念被激活, 而前人的研究已发现这种激活的内在表征能使被试对具有这种表征特征的项目产生注意偏向(Moriya, 2018)。此外, 这种结果也可能

是因为被试品尝到某种风味后，想到了与之相关的某种食物的颜色，而这种颜色往往是与该风味有色味联结的颜色。无论是基于哪一种作用过程，品尝到某种风味都使被试对与风味相关联的颜色产生了注意偏向。因此，当靶子颜色与风味线索不关联时，这种风味关联颜色在一部分试次中出现在干扰项上，被试对具有这种颜色的干扰项的注意偏向抵消了预知靶子颜色对视觉搜索的促进作用。换言之，风味线索会引发对关联颜色的注意偏向。当干扰项颜色是与风味关联的颜色时，那么即使被试已经预知了靶子的颜色，也无法用之引导注意来加速对靶子的视觉搜索。

本研究首次考察了真实风味线索对视觉搜索的影响，并揭示了通过味觉提供的风味信息所引发的对关联颜色的视觉注意偏向。本研究基于真实风味信息的研究发现，与之前研究基于风味标签的研究发现是基本一致的(Huang et al., 2019, 2021)。而本研究的创新贡献在于，我们通过味觉通道向被试提供风味信息而排除了视觉信息的影响，也排除了通过风味标签提供风味信息时可能出现的语义联结的干扰。本研究的实验 1 中虽然没有呈现风味标签，但指导语中提及具体的风味也可能产生混淆。而实验 2 中，我们全程没有提及具体的风味信息，所以风味信息完全通过味觉刺激呈现，这为风味信息调控颜色信息加工提供了强有力的实证依据。当我们将实验 1 和实验 2 的数据进行合并分析时，并没有发现是否提及风味信息会对结果产生影响，这说明本研究发现的风味信息调控作用是比较稳健的。这些研究结果表明，尽管视觉主导性使得颜色能更容易地影响人们对风味信息的加工(Stäger et al., 2021)，但是风味信息在特定的任务情景下也可以调控人们对于颜色信息的加工。就多感官知觉(multisensory perception)而言，视觉刺激相对于其他感觉通道的刺激更能捕获人的注意 (Koppen & Spence, 2007)，而视觉系统也有可能对其他感官产生积极的抑制(Spence et al., 2012)。但是，来自其他感官的信息也可以对视觉信息的加工产生跨通道影响。在最新的研究中，Hörberg 等(2020)在研究嗅觉信息影响视觉分类的脑电研究中发现了“嗅觉主导性”。而 Huang 等(2022)也在自我联结学习的行为实验研究中发现了先学习过的风味—自我联结会影响其后的颜色—自我学习，而先学习颜色—自我联结却没有显著地影响其后的风味—自我联结学习。因此，本研究所揭示的味觉信息对视觉搜索的影响，与这些最新研究的发现一致地揭示了其他感觉通道对视觉信息加工的影响。

以往研究对其他感觉通道的信息影响视觉搜索的内在机制存在争议。例如，听觉信息对视觉搜索的促进作用是由于自下而上的引导(van der Burg et al., 2008)，还是自上而下的引导(Orchard-Mills et al., 2013)。我们关于味觉刺激影响视觉搜索的研究结果，与 Orchard-Mills 等(2013)对触觉刺激影响视觉搜索的研究发现基本一致，即跨通道影响都会受到对靶子视觉特征的主观预测的影响。因此，这种对于视觉搜索的跨通道影响主要是源于自上而下的注意引导。无论是听觉、触觉还是味觉刺激的呈现，均可以通过与某些视觉刺激的跨通道联结而促进人们对于关联的视觉刺激的搜索(Klapetek et al., 2012; Orchard-Mills et al., 2013)。与听觉和触觉刺激的研究相比，本研究的独特之处在于味觉信息并非是和视觉信息同步呈现的，而是在视觉信息之前呈现的。且被试的任务原本是搜索具有特定形状特征的靶子，视觉刺激颜色的特征与任务并不相关。就对视觉搜索的跨通道影响而言，味觉与听觉、触觉既有相似之处，也有独特之处。例如，与听觉和触觉刺激相比，味觉刺激对于视觉搜索的影响可能以更加不易察觉的方式发挥作用。

本研究考察了真实风味线索对视觉搜索的影响，揭示品尝特定的风味会引发对关联颜色的视觉注意偏向，有助于市场营销从业者理解消费者在和饮食有关的环境中，如一边喝饮料一边看电影、逛街或网络购物时的视觉注意特点(Topolinski et al., 2014)，并应用于产品、品牌或店铺的营销活动之中。例如，品尝了咖啡风味之后，可能会引发消费者对咖啡色的注意偏向，可以启发我们围绕咖啡店周围的店铺设计和营销活动应使用怎样的配色方案。本研究在实验方法上也进行了一定的创新。风味信息难以呈现和操纵，是以往的色味交互研究较少采用真实风味线索的原因之一。在本研究的两个实验中，我们设计了一套易于操纵和控制的风味信息输入系统，不仅能定时定量地向被试呈现液体状态的风味刺激，而且能排除饮品颜色等视觉信息的干扰。本研究不仅为跨通道影响研究提供了新的视角，也为之后的色味交互研究建立了切实可行的实验范式。

当然，本研究也具有一定的局限性。首先，本研究考察的色味联结中的“味”是指风味(flavor)，而被试熟悉的风味可能是与某种特定的食物联系起

来的。因此在实验 2 中, 即使我们没有告诉被试他们品尝到的是什么风味的饮品, 他们在辨认出该风味后仍然可能有语义激活。未来的研究可以考察基本采用新异的、被试难以和具体的食物联系起来的风味刺激, 验证这种风味线索是否也能通过与靶子颜色之间的关联来影响后续的视觉搜索。第二, 本研究的结果揭示了品尝特定的风味可以引发个体对与该风味相关联的颜色的注意偏向, 但是目前的实验范式无法揭示这种注意偏向的产生过程是否需要被试联想到具体的食物, 即被试在品尝到风味后是否因为联想到具有这种风味的食物并因此联想到该食物的颜色才产生注意偏向。未来研究可以通过改进实验范式而进一步对此问题进行探索。第三, 本研究中的实验采用了组块设计, 主要是考虑到随机设计使得被试需要反复多次地漱口来消除不同风味之间的干扰, 但组块设计不如随机设计的效应稳健, 未来研究可考虑改进味觉输入设备, 使得被试不需要多次反复漱口。

5 结论

总之, 本研究中的两个实验的结果一致表明, 当风味线索提示的靶子颜色是与风味关联的颜色时可以加快视觉搜索; 但如果与该风味关联的颜色出现在干扰项上, 风味线索无法促进视觉搜索。本研究揭示了品尝到真实风味信息后会引发对关联颜色的视觉注意偏向, 表明了风味信息对视觉搜索的影响。这不仅为色味交互提供新的实验证据, 揭示视觉和味觉相互融合和影响的内在机制, 也对人们理解其他类型的跨通道影响具有一定的启发。本研究还有助于将不同感觉通道对视觉搜索的影响进行比较, 探讨多个感觉通道之间的相似性和特异性, 也为进一步探讨跨通道影响的心理与神经机制奠定了基础。

参 考 文 献

Brunetti, R., Indraccolo, A., Del Gatto, C., Spence, C., & Santangelo, V. (2018). Are crossmodal correspondences relative or absolute? Sequential effects on speeded classification. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *80*(2), 527–534.

Delwiche, J. (2004). The impact of perceptual interactions on perceived flavor. *Food Quality & Preference*, *15*(2), 137–146.

Delwiche, J. F. (2012). You eat with your eyes first. *Physiology & Behavior*, *107*(4), 502–504.

Deroy, O., & Spence, C. (2013). Why we are not all synesthetes (not even weakly so). *Psychonomic Bulletin & Review*, *20*(4), 643−664.

DuBose, C. N., Cardello, A. V., & Maller, O. (1980). Effects of colorants and flavorants on identification, perceived flavor intensity, and hedonic quality of fruit-flavored beverages and cake. *Journal of Food Science*, *45*(5), 1393–1399, 1415.

Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, *41*, 1149–1160.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, *39*, 175–191.

Grubert, A., Krummenacher, J., & Eimer, M. (2011). Redundancy gains in pop-out visual search are determined by top-down task set: Behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Vision, 11*(14), 10.

Hörberg, T., Larsson, M., Ekström, I., Sandöy, C., Lundén, P., & Olofsson, J. K. (2020). Olfactory influences on visual categorization: Behavioral and ERP evidence. *Cerebral Cortex*, *30*(7), 4220–4237.

Huang, F., Wang, C., & Wan, X. (2022). Color-flavor interactions in associative learning: Evidence from a computerized matching task. *Food Quality and Preference*, *95*, 104364.

Huang, J., Peng, Y., & Wan, X. (2021). The color-flavor incongruency effect in visual search for food labels: An eye-tracking study. *Food Quality & Preference*, *88*(2), 104078.

Huang, J., Wang, F., Sui, J., & Wan, X. (2019). Functional and structural basis of the color–flavor incongruency effect in visual search. *Neuropsychologia*, *127*, 66–74.

Iordanescu, L., Guzman-Martinez, E., Grabowecky, M., & Suzuki, S. (2008). Characteristic sounds facilitate visual search. *Psychonomic Bulletin & Review, 15*(3), 548–554.

Klapetek, A., Ngo, M. K., & Spence, C. (2012). Does crossmodal correspondence modulate the facilitatory effect of auditory cues on visual search? *Attention, Perception, & Psychophysics*, *74*(6), 1154–1167.

Kleiner, M. B., Brainard, D. H., Pelli, D. G., Ingling, A., & Broussard, C. (2007). What's new in psychtoolbox-3? *Perception*, *36*(2), 301–307.

Knoeferle, K. M., Knoeferle, P., Velasco, C., & Spence, C. (2016). Multisensory brand search: How the meaning of sounds guides consumers' visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *22*(2), 196–210.

Koppen, C., & Spence, C. (2007). Seeing the light: Exploring the Colavita visual dominance effect. *Experimental Brain Research*, *180*, 737–754.

Moriya, J. (2018). Visual mental imagery influences attentional guidance in a visual-search task. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *80*(5), 1127–1142.

Munneke, J., Corbett, J. E., & van der Burg, E. (2020). Learned prioritization yields attentional biases through selection history. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *82*, 2244–2256.

Ngo, M. K., & Spence, C. (2010). Auditory, tactile, and multisensory cues facilitate search for dynamic visual stimuli. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *72*(6), 1654–1665.

Orchard-Mills, E., Alais, D., & van der Burg, E. (2013). Cross-modal associations between vision, touch, and audition influence visual search through top-down attention, not bottom-up capture. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *75*(8), 1892–1905.

Parise, C. V. (2016). Crossmodal correspondences: Standing issues and experimental guidelines. *Multisensory Research*, *29*(1–3), 7–28.

Parise, C. V., & Spence, C. (2013). Audiovisual crossmodal correspondences in the general population. In J. Simner & E. M. Hubbard (Eds.), *The Oxford handbook of synesthesia*

(pp.790–815). Oxford, UK: Oxford University Press.

Peng, Y., Sun, Y., & Wan, X. (2022). Influence of the crossmodal congruency between color and flavor on product evaluations: Evidence from behavioral and oscillatory brain responses. *Food Quality and Preference*, *97,* 104480.

Posner, M. I., Nissen, M. J., & Klein, R. M. (1976). Visual dominance: An information–processing account of its origins and significance. *Psychological Review*, *83*(2), 157–171.

Qi, Y., Zhao, H., Wang, C., & Wan, X. (2020). Transfer of repeated exposure cost via color-flavor associations. *Journal of Sensory Studies, 35*(4), e12578.

Saluja, S., & Stevenson, R. J. (2018). Cross-modal associations between real tastes and colors. *Chemical Senses*, *43*(7), 475–480.

Shankar, M. U., Levitan, C. A., Prescott, J., & Spence, C. (2009). The influence of color and label information on flavor perception. *Chemosensory Perception, 2*, 53–58.

Shermer, D. Z., & Levitan, C. A. (2014). Red hot: The crossmodal effect of color intensity on perceived piquancy. *Multisensory Research*, *27*(3–4), 207–223.

Spence, C. (2011). Crossmodal correspondences: A tutorial review. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *73*(4), 971–995.

Spence, C. (2019). On the relationship (s) between color and taste/flavor. *Experimental Psychology, 66*(2), 99–111.

Spence, C., Parise, C., & Chen, Y. C. (2012). The Colavita visual dominance effect. In: M. M, Murray & M. T. Wallace (Eds.), *The neural bases of multisensory processes* (pp. 529–556). Boca Raton (FL): CRC Press.

Stäger, L., Roel Lesur, M., & Lenggenhager, B. (2021). What am I drinking? Vision modulates the perceived flavor of drinks, but no evidence of flavor altering color perception in a mixed reality paradigm. *Frontiers in Psychology, 12,* 641069.

Topolinski, S., Lindner, S., & Freudenberg, A. (2014). Popcorn in the cinema: Oral interference sabotages advertising effects. *Journal of Consumer Psychology, 24*(2), 169–176.

van der Burg, E., Cass, J., Olivers, C. N., Theeuwes, J., & Alais, D. (2010). Efficient visual search from synchronized auditory signals requires transient audiovisual events. *PLoS One*, *5*(5), e10664.

van der Burg, E., Olivers, C. N. L., Bronkhorst, A. W., & Theeuwes, J. (2008). Pip and pop: Nonspatial auditory signals improve spatial visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 34*, 1053–1065.

Velasco, C., Wan, X., Knoeferle, K., Zhou, X., Salgado-Montejo, A., & Spence, C. (2015). Searching for flavor labels in food products: The influence of color-flavor congruence and association strength. *Frontiers in Psychology*, *6,* 301.

Velasco, C., Wan, X., Salgado-Montejo, A., Woods, A., Oñate, G. A., Mu, B., & Spence, C. (2014). The context of colour-flavour associations in crisps packaging: A cross-cultural study comparing Chinese, Colombian, and British consumers. *Food Quality & Preference*, *38*, 49–57.

Wadhera, D., & Capaldi-Phillips, E. D. (2014). A review of visual cues associated with food on food acceptance and consumption. *Eating Behaviors, 15*, 132–143.

Wan, X., Velasco, C., Michel, C., Mu, B., Woods, A. T., & Spence, C. (2014). Does the type of receptacle influence the crossmodal association between colour and flavour? A cross-cultural comparison. *Flavour*, *3*(1), 3.

Weierich, M. R., Treat, T. A., & Hollingworth, A. (2008). Theories and measurement of visual attentional processing in anxiety. *Cognition & Emotion, 22*, 985–1018.

Wilton, M., Stancak, A., Giesbrecht, T., Thomas, A., & Kirkham, T. (2019). Intensity expectation modifies gustatory evoked potentials to sweet taste: Evidence of bidirectional assimilation in early perceptual processing. *Psychophysiology, 56,* e13299.

Zampini, M., Sanabria, D., Phillips, N., & Spence, C. (2007). The multisensory perception of flavor: Assessing the influence of color cues on flavor discrimination responses. *Food Quality and Preference*, *18*(7), 975–984.

Flavors bias attention toward associated colors in visual search

PENG Yubin, WAN Xiaoang

(*Department of Psychology, Tsinghua University, Beijing* 100084, *China*)

Abstract

People tend to associate colors with specific flavors, establishing color–flavor associations, and people can generate flavor expectations about foods and beverages based on color. Recent research has shown that participants can generate color expectations about packaged food based on a flavor label to guide the visual search for this flavor. However, it remains unclear how flavors modulate color processing. Here, we conducted two visual search experiments to address this issue.

In Experiment 1, we used a peristaltic pump to deliver a dose of fruit-flavored beverage or flavorless purified water to the participants' mouths, followed by a shaped-based visual search task. Half of the participants were informed that the strawberry and pineapple flavors were always followed by targets in the associated colors, while the rest of them were informed that the strawberry and pineapple flavors were always followed by targets in the non-associated colors. The flavorless water was not predictive of the color of the target. Their visual searches were faster when the target appeared in a flavor-associated color or when the target appeared in a non-associated color but the flavor-associated color was absent from the display. By contrast, the

flavor cue did not facilitate visual search if the distractor was presented in the flavor-associated color, thus indicative of prioritized attention to this associated color.

Considering that the participants were exposed to the flavor labels when they received their instructions at the beginning of Experiment 1, we conducted Experiment 2 to rule out the possible influence of flavor labels. Experiment 2 was performed with the same methods as in Experiment 1 except for one important difference. The participants were not given information regarding the specific flavors. They were only informed that flavors A and B were always followed by red- and yellow-colored targets, respectively. The flavors were always followed by targets in the associated colors for half of the participants and by non-associated colors for the rest of the participants. We obtained similar result patterns as in Experiment 1.

The results of these two experiments consistently revealed an attentional bias toward flavor-associated colors in the shape-based visual search. These findings show how flavor cues could modulate visual information processing. Our findings provide empirical evidence regarding color-flavor interactions by showing the influence of gustatory cues on visual attention, which allows us to further investigate the underlying mechanisms and neural basis of crossmodal influence in future research.

Key words color-flavor associations, crossmodal influence, flavor, attentional bias